Subject:

40119163 - مراسکی
Date:

$$L(s) = \frac{K}{s(s+3)}\left(\frac{5/s(s+2)}{1+5/s(s+2)}\right) = \frac{5k}{s(s+3)\big(s(s+2)+5\big)}\Bigg|_{K=2} = \frac{10}{s(s+3)\big(s(s+2)+5\big)}$$ ①

$$e_{ss} = 1/k_v \;,\; k_v = \lim_{s\to 0} sL(s) = \lim_{s\to 0}\frac{10}{(s+3)(s^2+2s+5)} = 10/15 \rightarrow e_{ss} = 15/10 \xrightarrow{\text{30 برابر بیشتر}} \underset{\text{جدید}}{e_{ss}} = 1/20$$

$$\lim_{s\to 0} k_c s\,L(s) = \lim_{s\to 0}\frac{10k_c}{(s+3)(s^2+2s+5)} = 20 \rightarrow k_c = 30 \rightarrow k_1 = k_c - 1 = 29 \;,\; \alpha = 1/30$$

$$\left|\frac{k_1}{j\omega_c T+1}\right| = \frac{k_1}{\sqrt{(\omega_c T)^2+1}} = 0.05 \rightarrow T = \frac{1}{\omega_c}\sqrt{\left(\frac{29}{0.05}\right)^2 - 1} \xrightarrow[\omega_c = 0.68]{|L(j\omega_c)|=1} T = 852.9399$$

$$L(s) = 30\left(\frac{1/30 \times 852.9399s + 1}{852.9399s + 1}\right)$$

---

② الف) با مشاهده نمودار بودی می‌توان فهمید، به علت وجود فاز ۹۰- در ابتدای نمودار، سیستم یک قطب در مبدا داشته است که خطا به ورودی پله صفر است. برای رسیدن به پهنای باند بیشتر و افزایش سرعت از کنترل کننده پیش فاز استفاده می‌کنیم.

ب)

$$20\log K = 40.2 \rightarrow K = 102.329$$

$$PM = 32^\circ \rightarrow \angle G(j\omega) - 180 = 32 \rightarrow \underset{\text{مطلوب}}{\angle G(j\omega)} = 212 \qquad 212^\circ - (-168^\circ) = 380^\circ = \boxed{20^\circ = \phi_m}$$

$$\alpha = \frac{1+\sin(\phi_m)}{1-\sin(\phi_m)} = 2.0396$$

$$T = \frac{1}{\omega_m\sqrt{\alpha}} = 1/10\sqrt{2.0396} = 0.07 \quad , \quad C(s) = \frac{k_c}{\sqrt{\alpha}}\left(\frac{\alpha Ts+1}{Ts+1}\right) = \frac{102.32}{\sqrt{2.0396}}\left(\frac{2.039 \times 0.07s+1}{0.07s+1}\right)$$

③

$G(s) = \frac{e^{-\tau s}}{Ts+1}$, $C(s) = k_p + \frac{k_I}{s}$, $\tau = 0.2s$, $T = 0.4s$

$G(s) = \frac{e^{-0.2s}}{0.4s+1}$, $M_p = 10\% \rightarrow 100 e^{-\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2}} = 10 \rightarrow \frac{-\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}} = \ln(0.1) \rightarrow \zeta = 0.59$

$PM_{\text{مطلوب}} = 100\zeta = 59^\circ$ ، محاسبه بدون کنترلر : $20\log\left|\frac{G(s)}{s}\right| = 0 \rightarrow \frac{1}{\omega(\sqrt{(0.4\omega)^2+1}} = 1$

$\rightarrow \omega^2(0.16\omega^2+1) = 1 \rightarrow 0.16\omega^4 + \omega^2 = 1 \xrightarrow[\text{متلب}]{\text{با کمک}} \omega_c = 0.93$

$-0.2\omega \times \frac{180}{\pi} - 90 - \tan^{-1}(0.4\omega)\Big|_{\omega=0.93} = -121.06^\circ \rightarrow PM = 180 - 121.06 = \boxed{58.94}$

$\phi_m = 59 - 58.94 = 0.06$

$\omega_c = 0.93$, $\frac{k_p}{k_I} = \frac{1}{\omega_c}\tan(\phi_m) = \frac{1}{0.93}\tan(0.06) = 0.0011 \xrightarrow[k_I=1]{\text{فرض}} k_p = 0.0011$

$G_c(s) = 0.0011s + 1$

$t_s \simeq \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{0.93} = \boxed{1.075}$

با کمک متلب $\begin{cases} t_s = 3.48s \\ M\% = 7.29\% \end{cases}$

④ سیستم نوع یک است ← خطای حالت ماندگار به ورودی پله صفر است

$$K_v = \lim_{s \to 0} sG(s) = \lim_{s \to 0} \frac{2500k}{s+25} = 100k \rightarrow \underset{\text{به ورودی شیب}}{\text{خطا}} = \frac{1}{100k} < 0.01 \rightarrow k > 1$$

$$20\log|G(j\omega_c)| = 0 \rightarrow |G(j\omega_c)| = 1 \rightarrow 2500 = \omega_c\sqrt{25^2+\omega_c^2} \rightarrow 6250000 = \omega_c^2 \times 25^2 + \omega_c^4$$

$$\xrightarrow{\text{با کمک متلب}} \omega_c \simeq 46.9$$

$$PM = \angle G(j\omega_c) - 180^\circ = -90 - \tan^{-1}(\omega/25)\Big|_{\omega=\omega_c} = -331.94^\circ = 28.05^\circ$$

$$\phi_m = 45^\circ - 28.05^\circ = 16.95$$

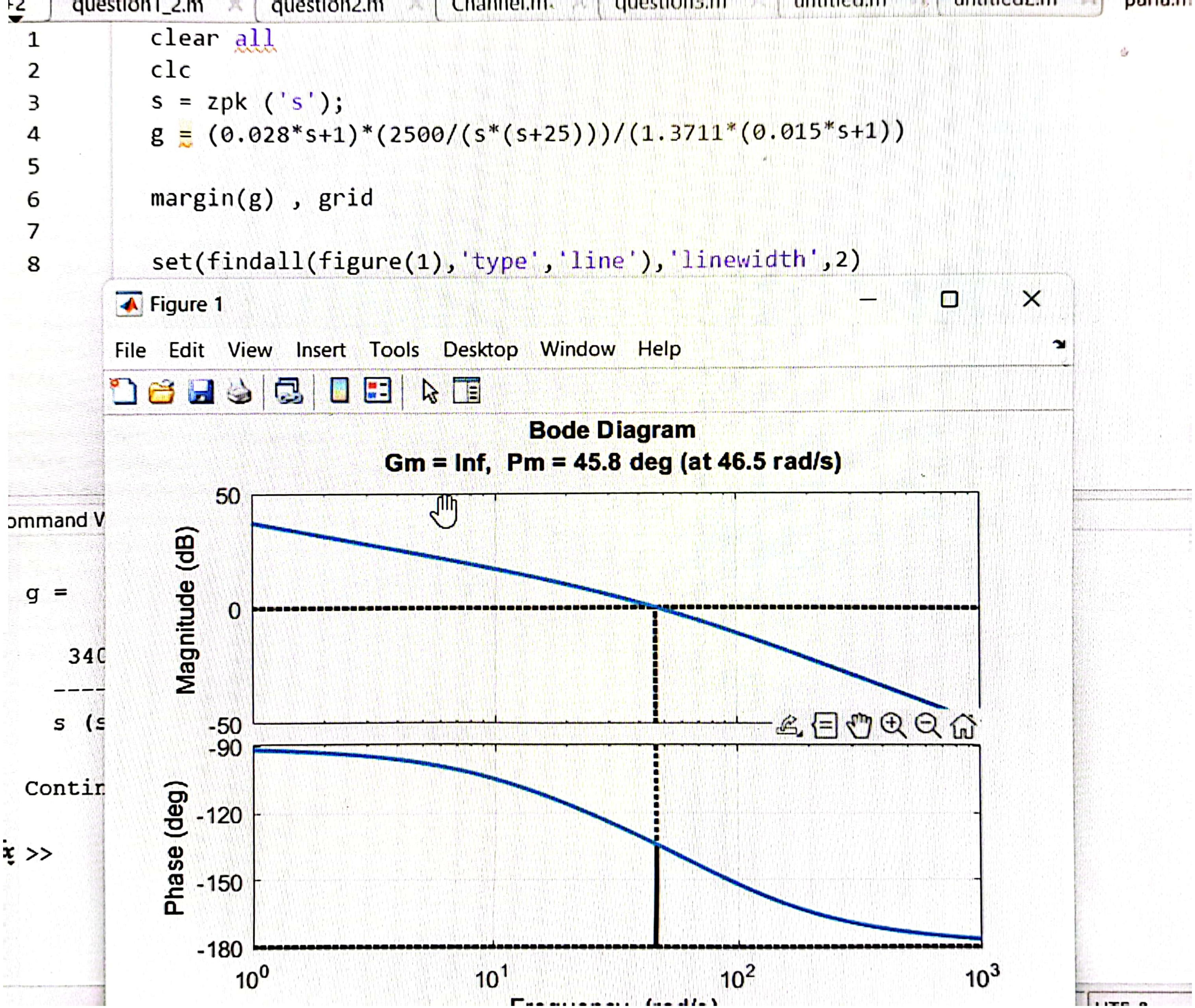
$$\alpha = \frac{1+\sin\phi_m}{1-\sin\phi_m} = 1.88 \rightarrow T = \frac{1}{\omega_m\sqrt{\alpha}} = \frac{1}{\omega_c\sqrt{1.88}} = 0.015$$

$$k_c = -|G(j\omega_m)|\ dB = -20\log\left(\frac{2500}{\omega_c\sqrt{25^2+\omega_c^2}}\right) \simeq 0\ dB \Rightarrow k_c = +1 \rightarrow \frac{1}{\sqrt{1.88}}\ \frac{0.028s+1}{0.015s+1}$$

⑨ ادامه: با مشاهده خروجی متلب می بینیم PM درست است اما ممکن است خطا تغییر کرده باشد

$$K_v = \lim_{s \to 0} s\, G(s) C(s) = 74 \rightarrow e_{ss} = 0.013 = 1.35\%$$

می توانیم از جبران ساز پس فاز استفاده کنیم



```
clear all
clc
s = zpk ('s');
g = (0.028*s+1)*(2500/(s*(s+25)))/(1.3711*(0.015*s+1))

margin(g) , grid

set(findall(figure(1),'type','line'),'linewidth',2)
```

```
ommand V

 g =

     340
   ----
   s  (s

 Contir

>>
```

$$G(s) = \frac{200}{s(s+1)(s+10)} \qquad C(s) = k_p\left(1 + \frac{k_I}{k_p}\right)$$ ⑤

$$T_s \leq 3s \xrightarrow{T_s w_s \leq 1} w_c \geq 0.33$$

فراجهش $= 0 \rightarrow \zeta = 1 \xrightarrow{PM = 100\zeta} PM = 100 \xrightarrow{\text{حاشیه فاز}}$ مطلوب $= -9.66$ PM باید به -9.66 برسد

$$w_c = 0.33 \rightarrow -20\log k = 35\,dB \rightarrow k = 0.018 \rightarrow PM = 69.2$$

$$100 - 69.2 = 30.8 \xrightarrow[T w_c = \tan(\omega_t)]{} T = 1.8$$

$$k_v = 1 \rightarrow \lim_{s \to 0} G(s) k_p = 20 k_p = 1 \rightarrow k_p = 1/20$$ t.